

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat (*SNI 03-2847-2002*).

Nugraha, Paul (2007), mengungkapkan bahwa pada beton yang baik, setiap butir agregat seluruhnya terbungkus dengan mortar. Demikian pula halnya dengan ruang antar agregat, harus terisi oleh mortar. Jadi kualitas pasta atau mortar menentukan kualitas beton. Semen adalah unsur kunci dalam beton, meskipun jumlahnya hanya 7-15% dari campuran. Beton dengan jumlah semen yang sedikit (sampai 7%) disebut beton kurus (*lean concrete*), sedangkan beton dengan jumlah semen yang banyak disebut beton gemuk (*rich concrete*).

Menurut Mulyono (2006) secara umum beton dibedakan kedalam 2 kelompok, yaitu :

1. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton.

Kelas dan mutu beton ini, di bedakan menjadi 3 kelas, yaitu :

- a. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B_0 .
- b. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi

dalam mutu-mutu standar B₁, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B₁, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.

- c. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Adapun pembagian kelas jalan ini, dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	σ'_{bk} (kg/cm ²)	σ'_{bm} (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
					Ringan	Tanpa
I	B ₀	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B ₁	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

(Sumber: Mulyono. T, 2004 dalam Anwar, 2011.)

2. Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu :

a. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara $1440 - 1850 \text{ kg/m}^3$, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

b. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan batu pecah sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara $2200 \text{ kg/m}^3 - 2400 \text{ kg/m}^3$ dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 Mpa.

c. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

d. Beton massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

e. *Ferro-Cement*

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

f. Beton serat (*fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

Disamping beton memiliki pengelompokkan, beton pun memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini kelebihan dan kekurangan dari beton, yaitu (Nugraha. P, 2007) :

1. Kelebihan :

- Dapat dengan mudah mendapatkan material dasarnya (*availability*)
Agregat dan air pada umumnya bisa didapat dari lokal setempat. Semen pada umumnya juga dapat dibuat di daerah setempat, bila tersedia. Dengan demikian, biaya pembuatan relatif murah karena semua bahan bisa didapat di dalam negeri, bahkan bisa setempat. Bahan termahal adalah semen, yang bisa diproduksi di dalam negeri.
- Kemudahan untuk digunakan (*versatility*)
- Kemampuan beradaptasi (*adaptability*) sehingga beton dapat dicetak dengan betuk dan ukuran berapapun
- Tahan terhadap temperatur tinggi
- Biaya pemeliharaan yang kecil.
- Mampu memikul beban yang berat

2. Kekurangan :

- Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m^3
- Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar
- Beton cenderung untuk retak, karena semen nya hidrolis. Baja tulangan bisa berkarat, meskipun tidak terekspose separah struktur baja
- Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan di lapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama
- Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur-ulang sulit dan tidak ekonomis. Dalam hal ini struktur baja lebih unggul, misalnya tinggal melepas sambungannya saja.

2.2 Sifat Beton Segar

Sifat-sifat beton segar hanya penting sejauh mana mempengaruhi pemilihan peralatan yang dibutuhkan dalam pengerjaan dan pemadatan serta kemungkinan mempengaruhi sifat-sifat beton pada saat mengeras. Ada dua hal yang harus dipenuhi dalam pembuatan beton yaitu pertama sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu lama oleh beton yang mengeras seperti kekuatan, keawetan dan kestabilan volume. Yang kedua sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu pendek ketika beton dalam kondisi plastis (*workability*) atau kemudahan pengerjaan tanpa adanya *bleeding* dan *segregation*. Akan tetapi sifat ini tidak dapat dirumuskan dengan pasti dan berlaku untuk semua jenis bahan baku, kondisi lingkungan dan cuaca disekitar lokasi pekerjaan. Sebagai contoh, campuran yang mudah dikerjakan untuk pekerjaan lantai belum tentu akan mudah dikerjakan pada cetakan balok dengan penampang sempit serta mempunyai penulangan yang rapat.

Campuran beton direncanakan berdasarkan asumsi adanya hubungan antara sifat-sifat komposisi campuran dan sifat-sifat beton setelah mengeras. Untuk dapat bertahan dengan sifat-sifat ini, maka beton harus dipadatkan secara seragam pada cetakannya. Dengan demikian, pengetahuan tentang sifat beton merupakan hal penting dalam upaya menghasilkan beton yang berkualitas baik setelah mengeras.

Istilah kemudahan pekerjaan masih memberikan pengertian yang umum dan untuk dapat memahami sifat ini lebih jauh. Kemudahan pengerjaan atau *workability* pada pekerjaan beton didefinisikan sebagai kemudahan untuk dikerjakan, dituangkan dan dipadatkan serta dibentuk dalam acuan (Ilsley, 1942:224). Kemudahan pengerjaan ini diindikasikan melalui nilai *slump*. Maka sifat ini dapat dijabarkan kedalam sifat-sifat yang lebih spesifik, yaitu :

- a. Sifat kemampuan untuk dipadatkan (*compactibility*).
- b. Sifat kemampuan untuk dialirkan (*mobility*).
- c. Sifat kemampuan untuk tetap dapat bertahan seragam (*stability*).

Keseluruhan sifat yang dibutuhkan untuk suatu campuran yang baik, dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal.

2.2.1 Sifat kemudahan dipadatkan dan dialirkan

Kedua sifat ini mempunyai kaitan erat antara yang satu dengan yang lainnya dan dapat dikatakan bahwa campuran yang mudah dialirkan akan mudah pula dipadatkan. Ternyata untuk dapat memahami mengenai masalah aliran campuran beton segar, prinsip-prinsip yang terdapat didalam ilmu tentang sifat aliran air atau gas tidak dapat diterapkan pada campuran beton. Ini disebabkan karena ilmu tentang aliran air dan gas didasarkan pada massa yang mempunyai ukuran partikel/molekul atau atom yang seragam.

Salah satu sifat yang dapat menggambarkan kedua sifat tersebut adalah sifat kekentalan campuran, walaupun sifat kekentalan ini tidak identik sepenuhnya dengan sifat-sifat kemudahan untuk dialirkan. Untuk mengukur sifat kemudahan pengerjaan dapat dilakukan dengan metode pengujian *slump test*.

2.2.2 Sifat dapat bertahan seragam

Sifat ini merupakan kebutuhan lain agar beton dapat dihasilkan mencapai kekuatan optimal. Bertahan disini ialah tidak terjadi perubahan terhadap keseragaman campuran akibat terjadinya pemisahan butiran agregat dengan pasta semen selama proses pengangkutan, pengecoran dan pemadatan. Campuran yang

tidak stabil dapat ditandai dengan terpisahnya air dengan benda padat serta timbulnya pemisahan agregat kasar dari pastanya.

a. Pemisahan agregat kasar dari campuran (*segregasi*)

Pemisahan ini terjadi bila adanya kohesi dari adukan beton tidak mampu untuk menahan butiran agregat untuk tetap mengambang. Beton tidak mungkin dipadatkan apabila terjadi pemisahan agregat kasar dari adukannya, dan bila ini terjadi maka kualitas beton di tempat tersebut kurang baik. Pengaruh segregasi dapat diatasi dengan mengubah susunan gradasi dan kadar semen, dimana dengan cara ini campuran yang di hasilkan masih tetap mempunyai sifat kemudahan untuk di kerjakan.

b. Pemisahan air dari campuran

Dapat terjadi akibat proses pengendapan butiran semen yang mengambang. Proses ini terjadi setelah proses pengecoran dalam bakisting selesai. *Bleeding* dapat diamati dengan terbentuknya lapisan air yang tergenang dipermukaan beton. Pada campuran beton normal dengan kekentalan agak tinggi, proses ini secara bertahap dengan merembesnya air keseluruh permukaan beton.

c. Penguapan dan susut plastis

Pada daerah yang beriklim tropis, penguapan dapat mengganggu sifat kemudahan pengerjaan campuran beton, karena campuran dengan segera kehilangan keplastisannya sebelum proses pemadatan dapat dilakukan secara sempurna. Penguapan menjadi permasalahan bila tingkat kecepatan penguapan melebihi kecepatan *bleeding*.

2.3 Kepadatan Beton

Untuk mendapatkan mutu beton yang baik harus diperhatikan adalah kepadatan beton. Faktor faktor yang mempengaruhi kepadatan beton antara lain:

a. Gradasi agregat

Gradasi agregat mempengaruhi kepadatan beton serta kuat tekan beton. Agregat kasar yang tidak pecah atau kerikil alami biasanya licin dan bulat

menghasilkan beton yang mempunyai kuat tekan yang relatif rendah dibandingkan dengan beton yang memakai batu pecah

b. Proporsi campuran

Yang dimaksud adalah proporsi volume dari bermacam macam bahan pilihan dari campuran beton yang mempengaruhi *workabilitas*.

c. Kadar air

Faktor kepadatan dikaitkan dngan kadar air beton. Kadar air dalam volume campuran adalah penting menentukan w/c yang sekecil mungkin sehingga pori pori beton semakin kecil.

2.4 Pematatan Beton

Pematatan dapat dilakukan pada beton dalam keadaan segar dan dalam keadaan setting awal. Tujuan pematatan pada beton dalam keadaan segar adalah:

- a. Untuk mengurangi rongga-rongga udara dalam beton, dapat dilakukan dengan penekanan awal (*initial pressure*) sebelum beton mengeras.
- b. Untuk mendapatkan kepadatan beton yang optimal

Pematatan beton dapat dilakukan menggunakan batang penumbuk baja dengan menusukkan pada beton, menggunakan alat getar mekanis (*vibrator*), menggunakan mesin penggetar dan mesin *sentrifugal*, juga dapat memberikan tekanan awal pada beton segar.

Hal-hal yang perlu diperhatikan saat dilakukan pematatan adalah:

- a. Pematatan dilakukan sebelum waktu *setting*, biasanya antara 1 sampai 2 jam tergantung apakah ada pemakaian *admixture*.
- b. Alat pematat tidak boleh menggetarkan pembesiannya, karena akan menghilangkan melepaskan kuat lekat antar besi dengan beton yang baru dicor dan memasuki tahap waktu *setting*.
- c. Pematatan tidak boleh terlalu lama untuk menghindari *bleeding*, yaitu naiknya air atau pasta semen ke ats permukaan beton dan meninggalkan agregat di bagian bawah.

2.5 Limbah Beton dan Limbah Batu Bata

Ada beberapa bangunan tua yang terpaksa dibongkar karena bangunan tersebut perlu diperbaharui, mengalami kerusakan, atau tidak layak dihuni lagi.

Pembuangan limbah tersebut memerlukan biaya dan tempat pembuangan. Pembuangan limbah padat seperti ini pada dasarnya dapat mengurangi kesuburan tanah. Disamping itu, pada saat ini beton siap pakai (*ready mix*) sedang marak digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan.

Dari sinilah datang pemikiran untuk bisa memanfaatkan limbah padat dari bangunan-bangunan tua tersebut, yaitu limbah beton dan limbah batu bata. Limbah beton yang digunakan adalah hasil pecahan beton yang sudah dihancurkan sehingga lolos saringan 4,75 mm. Limbah beton ini sendiri diambil dari Laboratorium Teknik Sipil Politenik Negeri Sriwijaya, sisa dari pengujian kuat tekan dengan bermacam – macam kekuatan rencananya. Limbah batu bata adalah hasil pecahan dari batu bata bangunan yang sudah dihancurkan sehingga lolos saringan 4,75 mm. Limbah batu bata ini diambil dari hasil pecahan dari bangunan yang terdapat di Jalan Soekarno Hatta Palembang.

2.6 Material Pembentukan Beton

2.6.1 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70 % - 75 % dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar yang di dapat secara alami atau buatan.

a. Agregat Halus

Agregat sebagai bahan pengisi yang memberikan sifat kaku dan stabilitas dimensi dari beton. Agregat halus sebaiknya berbentuk bulat dan halus dikarenakan untuk mengurangi kebutuhan air. Agregat halus yang pipih akan

mempunyai air yang lebih banyak dikarenakan luas permukaan agregat (*surface area*) akan lebih besar.

Gradasi agregat halus sebaiknya sesuai dengan spesifikasi ASTM C-33, yaitu:

- a. Mempunyai butiran yang halus.
- b. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%.
- c. Tidak mengandung zat organik lebih dari 0,5%. Untuk beton mutu tinggi dianjurkan dengan modulus kehalusan 3,0 atau lebih.
- d. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama).

Tabel 2.2 Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang ayakan (mm)	Persen Butiran yang Lewat Ayakan			
	Zona I (Pasir Kasar)	Zona II (Pasir Agak Kasar)	Zona III (Pasir Agak Halus)	Zona IV (Pasir Halus)
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	90-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	5-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

b. Agregat Kasar

Langkah awal untuk mempersiapkan agregat kasar berupa batu pecah adalah dengan memisahkan butiran agregat berdasarkan ukuran butiran, dilakukan dengan pengayakan dengan menggunakan saringan. Setelah pemisahan butiran agregat kasar selesai, batu pecah dicuci untuk membuang kotoran yang melekat pada agregat agar dapat meningkatkan kualitas agregat.

Adapun kualitas agregat yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah:

- a. Agregat kasar harus merupakan butiran keras dan tidak berpori. Agregat kasar tidak boleh hancur karena adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula, sifat tidak berpori untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air.
- b. Agregat kasar harus bersih dari unsur organik.
- c. Agregat tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering. Lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayakan diameter 0,063 mm, bila melebihi 1% berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu.
- d. Agregat mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan memerlukan pasta semen sehingga akan mengikat dengan lebih baik.

Tabel 2.3 Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan		
	4,8-38	4,8-19	4,8-9,6
38	95-100	100	100
19	35-70	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

Pada penelitian ini, agregat halus pada campuran beton diganti dengan menggunakan limbah beton dan limbah batu bata. Campuran limbah ini hendaklah dikelola dengan baik dikarenakan untuk meminimalkan terjadinya segregasi, degradasi, kontaminasi atau campuran dengan bahan lain.

2.6.2 Semen portland

Semen merupakan serbuk yang halus yang digunakan sebagai perekat antara agregat kasar dengan agregat halus. Apabila bubuk halus ini dicampur dengan air selang beberapa waktu akan menjadi keras dan dapat digunakan sebagai pengikat hidrolis. Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil/batu pecah) maka akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif yang berfungsi sebagai pengisi. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen portland dibagi menjadi 5 (lima) tipe, yaitu :

- Tipe I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
- Tipe II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Tipe III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut kekuatan awal yang tinggi.
- Tipe IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
- Tipe V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat tinggi.

Fungsi semen ialah bereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk melekatkan butir-butir agregat agar menjadi suatu kesatuan massa yang kompak/padat. Selain itu pasta semen mengisi rongga-rongga antara butir-butir agregat. Walaupun volume semen hanya kira-kira 10% saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan perekat yang aktif dan mempunyai harga yang mahal dari pada bahan dasar beton yang lain perlu diperhatikan/dipelajari secara baik. (Tjokoridimulyo, 2004, dalam Muhammad Ikhsan Saifuddin, 2012)

2.6.3 Air

Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air akan mengakibatkan beton akan menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan mengakibatkan beton menjadi lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh pada :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penggunaan beton. Jumlah air yang digunakan tentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Pengaruh kotoran secara umum dapat menyebabkan :

1. Gangguan pada hidrasi dan pengikatan.
2. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan.
3. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan.
4. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
5. Bercak-bercak pada campuran beton.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organik lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya. (Tata Cata Perhitungan Standar Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002)

Selain untuk reaksi pengikatan, dapat juga untuk perawatan sesudah beton dituang. Air untuk perawatan (*curing*) harus memiliki syarat-syarat yang lebih

tinggi dari air untuk pembuatan beton. Keasamannya tidak boleh PHnya > 6 , juga tidak dibolehkan terlalu sedikit mengandung kapur.

2.7 Karakteristik Beton Normal

Beton dibuat dari campuran : semen, pasir, air dan batu pecah. Campuran beton kemudian dicetak dan dirawat (*curing*) selama 28 hari. Karakteristik beton yang diukur meliputi, kuat tekan beton (*compressive strength*).

Selain itu, dalam pembuatan beton normal ini juga melalui tahap pemeriksaan atau pengujian material yaitu uji berat jenis dan penyerapan agregat, uji kadar lumpur, uji analisa saringan, dan uji bobot isi atau berat isi dari agregat baik gembur maupun padatnya, sedangkan untuk semen portlandnya dilakukan pengujian berat jenis semen, konsistensi semen dan waktu ikat semen. Lalu semen mendapat perlakuan berupa penyaringan agar terhindar dari gumpalan semen yang terlalu besar dan berupa butiran.

2.8 Kuat tekan (*compressive strength*)

Pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui secara pasti akan kekuatan tekan beton ringan pada umur 28 hari yang sebenarnya apakah sesuai dengan yang telah disyaratkan. Pada mesin uji tekan benda diletakkan dan diberikan beban sampai benda runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja (Mulyono. T, 2004).

Kuat tekan beton dapat di hitung dengan rumus :

$$P = \frac{F}{A} \text{ ----- (2.1)}$$

Dengan : F = gaya maksimum dari mesin tekan, kg

A = luas penampang yang diberi tekanan, cm^2

P = kuat tekan, kg/cm^2

Tabel 2.4 Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai-bagai Umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan Kekuatan Awal Tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

(Sumber : PBB1 1971)

Tabel 2.5 Nilai Konversi Kuat Tekan Beton

Bentuk Benda Uji	Perbandingan
Kubus : (15 x 15 x 15) cm	1,0
(20 x 20 x 20) cm	0,95
Silinder : (15 x 30) cm	0,83

(Sumber : SNI 03-1973-1990)

2.8.1 Permeabilitas beton normal

Permeabilitas merupakan kemampuan pori-pori beton normal dilalui oleh air. Pasta semen yang telah mengeras tersusun atas banyak partikel, dihubungkan antar permukaan yang jumlahnya relatif lebih kecil dari total permukaan partikel yang ada. Air memiliki viskositas yang tinggi namun demikian dapat bergerak dan merupakan bagian dari aliran yang terjadi.

Pengujian permeabilitas beton untuk mengetahui pengaruh variasi semen dan agregat atau pengaruh banyaknya ragam operasi pencampuran beton, pencetakan dan perawatan, memperhitungkan informasi dasar pada bagian dalam porositas beton yang relatif berhubungan langsung dengan penyerapan, saluran kapiler, ketahanan terhadap pembekuan, penyusunan, daya angkat dan lain-lain. Faktor yang mempengaruhi kekedapan adalah kualitas material, metode persiapan beton, dan perawatan beton (Brook K.M, Murdock L.J, 1991).

Permeabilitas benda uji beton dapat dihitung dengan rumus :

$$Pr = (A_{aw} - A_{ak}) / 30 \text{ menit} \text{ ----- (2.2)}$$

Dimana : Pr = Nilai Permeabilitas (gr/menit)

A_{aw} = Massa awal (gr)

A_{ak} = Massa akhir (gr)

2.8.2 Daya serap air (*Water Absorbtion*)

Daya serap air adalah kemampuan beton ringan untuk menyerap air ketika direndam dalam air hingga memiliki massa jenuh, artinya hingga beton ringan tidak mampu menyerap lagi karena sudah penuh. Besarnya penyerapan air ini dapat dihitung (Muhammad Ikhsan Saifuddin, 2012).

Untuk menghitung besarnya penyerapan air oleh beton ringan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$WA = \frac{MJ - MK}{MK} \times 100 \% \text{ ----- (2.3)}$$

Dengan : M_k = Massa sampel kering (kg)

M_j = Massa jenuh air (kg)

WA = Daya serap air (%)

2.9 Pemeriksaan Sifat Fisik Material di Laboratorium

Pemeriksaan sifat fisik material berguna dalam merencanakan campuran beton.

2.9.1 Uji berat jenis dan penyerapan agregat

Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam

campuran beton. Hubungan antara berat jenis dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air agregat tersebut. Dengan syarat $2 < BJ < 3$ (Panduan Modul Uji Bahan Politeknik Negeri Sriwijaya). Pengujian ini dilakukan dengan rumus akhir yaitu :

$$\mathbf{BJ\ Kering} = \frac{BK}{(W2 + Bj - W1)} \text{ ----- (2.4)}$$

$$\mathbf{BJ\ SSD} = \frac{Bj}{w2 + Bj - w1} \text{ ----- (2.5)}$$

$$\mathbf{Penyerapan} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \text{ ----- (2.6)}$$

Dengan : BJ = Berat Jenis
 Bj = Berat kering permukaan jenuh (gr)
 Bk = Berat kering oven (gr)
 W1 = Berat piknometer + benda uji + air (gr)
 W2 = Berat piknometer + air (gr)

2.9.2 Uji kadar lumpur

Pengujian kadar lumpur terhadap agregat yang digunakan dalam komposisi pembuatan agregat ringan ini berguna untuk mengetahui seberapa banyak lumpur yang terdapat pada suatu agregat yang akan digunakan untuk pembuatan beton ringan, karena kadar lumpur juga mempengaruhi mutu beton ringan itu sendiri.

Untuk agregat kasar, kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm) maksimum 1%. Sedangkan untuk agregat halus, kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm atau No.200) dalam persen maksimum (SK-SNI-T -15-1990-03).

- Untuk beton yang mengalami abrasi sebesar 3%.
- Untuk agregat halus sebesar 5%.

Pengujian ini dilakukan dengan rumus :

$$KL = \frac{BA - BAK}{BA} \times 100\% \text{ -----(2.5)}$$

Dengan : KL = Kadar Lumpur Agregat, %.

BA = Berat Agregat, gram.

BAK = Berat Agregat Konstan, gram.

2.9.3 Kadar air agregat

Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen.

$$KA = \frac{wd - wk}{wd} \times 100\% \text{ -----(2.6)}$$

Dengan : KA = Kadar Air (%)

wd = Berat agregat (gr)

wk = Berat kering oven sebelum dicuci (gr)

2.9.4 Uji analisa saringan (agregat halus)

Pengujian analisa saringan agregat halus ini dimaksudkan untuk mengetahui zona agregat halus yang mempengaruhi porositas, selain itu juga berpengaruh terhadap sifat kedap air, dan berpengaruh terhadap kepadatan. Sebelum agregat halus dimasukkan dalam analisa saringan harus dalam kondisi SSD supaya tidak menyerap air.

Ada pun yang akan kita dapat dalam hasil pengujian yaitu, MHB (Modulus Halus Butir) ialah suatu indeks yang di pakai untuk mengukur kehalusan atau

kekerasan butir-butir agregat (Abrams, 1918). MHB didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari persen agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan (28, 19, 9.6, 4.8, 2.4, 1.2, 0.6, 0.3, dan 0.15 mm), kemudian nilai tersebut di bagi dengan seratus (ilsley, 1942).

Makin besar nilai MHB suatu agregat semakin besar butiran agregatnya. Umumnya agregat halus mempunyai MHB sekitar 1.50 – 3.8. Nilai ini juga dipakai sebagai dasar untuk perbandingan dari campuran agregat. Untuk agregat campuran nilai MHB yang biasa bisa dipakai sekitar 5.0 – 6.0.

Selain MHB ada pula dinamakan gradasi agregat. Gradasi dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu menerus, seragam, dan sela. Untuk mendapatkan campuran beton yang baik kadang-kadang kita harus mencampur beberapa jenis agregat. Untuk itu pengetahuan mengenai gradasi inipun menjadi penting. Dalam pekerjaan beton yang banyak dipakai adalah agregat normal dengan gradasi yang harus memenuhi standar, namun untuk keperluan yang khusus sering dipakai agregat ringan atau agregat berat.

- Gradasi agregat normal

SK. SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standar* di Inggris. Agregat halus dikelompokan dalam empat zone (daerah) seperti dalam tabel berikut ini

Tabel 2.6 Batas Gradasi Agregat Halus dari *British Standar*

Lubang Aayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber: Ilsley, 1942, Laporan uji bahan, 2011.)

- Keterangan : - Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
 - Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar
 - Daerah Gradasi III = Pasir Halus
 - Daerah Gradasi IV = Pasir Halus Selesai

2.9.5 Uji berat isi

Standar metode pengujian ini untuk menghitung berat isi dalam kondisi padat atau gembur dan rongga udara dalam agregat. Ukuran butir agregat kasar adalah 5 mm - 40 mm, agregat halus terbesar 5 mm. Pengujian dalam kondisi padat dilakukan dengan cara tusuk dan ketok. Dalam kondisi gembur dengan cara sekop atau sendok (SK-SNI-T -15-1990-03).

Bobot isi kering udara agregat dihitung dalam kondisi kering oven dan kering permukaan. Pada kondisi padat dan gembur memiliki berat isi yang berbeda karena pada berat isi gembur masih terdapat rongga-rongga udara, berbeda dengan berat isi padat yang dipadatkan dengan cara ditusuk sehingga berat isi padat lebih berat daripada berat isi gembur karena berat isi padat tidak memiliki rongga udara.

Pengujian ini dilakukan dengan rumus :

$$\mathbf{BI} = \frac{\mathbf{BA}}{\mathbf{V}} \text{----- (2.6)}$$

Dengan : BI = Bobot Isi agregat, gr/cm³.
 BA = Berat Agregat, gram.
 V = Volume Agregat, cm³.

2.9.6 Kekerasan Agregat

Kekerasan merupakan lawan dari keausan. Ketahanan terhadap abrasi sering dipakai sebagai indeks secara umum untuk kualitas agregat. Untuk mengetahui kekerasan atau sifat tahan abrasi dengan pengujian berikut, yaitu dengan menggunakan mesin *Los angeles*, mesin *Rudolf* dan mesin *Rockwell*. Pada penelitian ini menggunakan mesin *Los Angeles* untuk menguji kekerasan agregat.

$$LA = \frac{A - B}{A} \times 100\% \text{ ----- (2.7)}$$

Dengan : LA = Los Angeles

A = Berat benda uji awal (gr)

B = Berat benda uji tertaham di saringan no. 2,36 mm (gr)

2.9.7 Berat Jenis Semen

Berat jenis adalah perbandingan relatif antara massa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembanguna fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi campuran mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton segar (*concrete*). Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan.

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{BS}{(v_2 - v_1)d} \text{ ----- (2.8)}$$

Dimana : BS = Berat semen

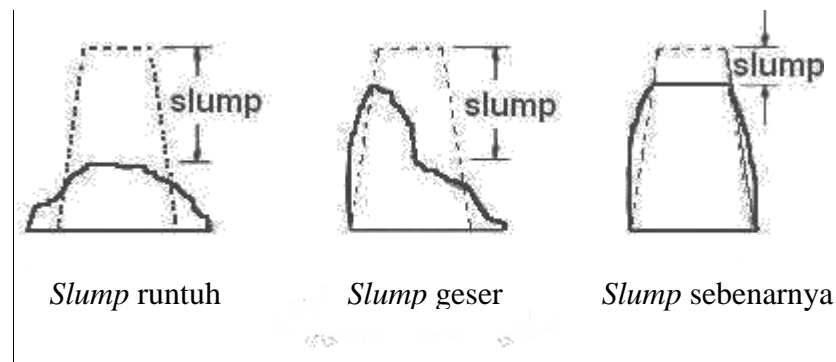
v1 = Pembacaan skala ke-1 (ml)

v2 = Pembacaan skala ke-2 (ml)

d = Berat isi air (1)

2.10 Slump Beton

Percobaan *slump* beton adalah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan/kekentalan adukan yang berguna dalam pekerjaan beton. *Slump* merupakan besarnya nilai keruntuhan beton secara vertikal yang diakibatkan karena beton belum memiliki batas *yield stress* yang cukup untuk menahan berat sendiri karena ikatan antar partikelnya masih lemah sehingga tidak mampu untuk mempertahankan ikatan semulanya. Pemeriksaan *slump* dimaksud untuk mengetahui konsistensi beton dan sifat mudah dikerjakan (*workability*) sesuai dengan syarat yang telah ditetapkan.



Gambar 2.1 Kemungkinan *Slump* yang terjadi

Tabel 2.7 Nilai-nilai *Slump* untuk Berbagai Pekerjaan

Jenis Pekerjaan	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi, dan pondasi tapak tulang	125	50
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan, dan konstruksi dibawah tanah	90	25
Plat, balok, kolom, dan dinding	150	50
Perkerasan jalan	75	50
Pembetonan missal	75	25

(Sumber : PBT 1971)

2.11 Metode Analisa Data

Pada penelitian ini, teknik analisa dan pengolahan data penelitian yang dilakukan dengan mengolah dan menganalisa data berupa angka yang didapat dari hasil penelitian namun tidak mengabaikan literatur yang digunakan.

2.11.1 Uji Validitas Data

Pada penelitian ini, metode validitas data yang dilakukan yaitu dengan menggunakan *Microsoft Excel* dan *software SPSS 16.0 for Windows*. Penggunaan *Microsoft Excel* dilakukan untuk mencari analisa regresi antara kuat tekan beton dengan umur betonnya dan penggunaan *software SPSS 16.0 for Windows* ini dilakukan untuk mencari analisa korelasi dengan menganalisa data hubungan antara nilai kuat tekan beton dengan umur betonnya secara korelasi agar didapat hasil penelitian yang optimal.

Analisa regresi merupakan salah satu analisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Sedangkan analisa korelasi bermanfaat untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel atau lebih dengan skala-skala tertentu.

2.11.2 Analisa Data

Pada penelitian ini, analisa data yang akan dilihat yaitu hubungan antara umur beton dan nilai kuat tekan beton normal serta kuat tekan beton dengan menggunakan limbah beton dan limbah batu bata secara korelasi agar didapat hasil penelitian yang optimal.